



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine

جامعة الاخوة منتوري



قسم : بيولوجيا الحيوان Biologie Animale Département :

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie et Contrôle des Populations d'Insectes (BCPI)

Intitulé

**Systeme de classification automatique  
des insectes**

Présenté et soutenu par :

- ✓ Chergui yousra
- ✓ Benfadel Dounia

Jury d'évaluation :

Président du jury : DOCTEUR AGUIB SIHAM (BCPI- Université frères Mentouri Constantine 1)

Rapporteur : DOCTEUR CHAIB AOUATEF (BCPI- Université frères Mentouri Constantine 1)

Examineur : DOCTEUR BAKIRI ESMA (BCPI- Université frères Mentouri Constantine 1)

Année universitaire : 2020-2021

## *REMERCIEMENT*

*Louange à Dieu, le clément, le miséricordieux pour ce qu'il nous a tant donné comme volonté, santé et surtout patience, pour pouvoir, durant toutes ces longues années d'études, d'arriver là où nous sommes aujourd'hui*

*Nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce modeste travail en particulier notre directrice de mémoire : DR Chaïb Aouatef qui nous a offert un encadrement parfait, et qui nous a aidés à achever ce présent travail par sa bonne orientation et sa méthodologie de travail et surtout par Sa patience*

*« Pour nous avoir donné de votre temps et de votre savoir, un grand merci pour vous »*

### *Jury*

*Qui vont pleinement consacrer leur temps et leur attention afin d'évaluer notre travail, qui espérons le sera à la hauteur de leur attente*

*Nous restons persuadés que vos conseils et recommandations nous permettront de Parfaire ce travail À tous les enseignants de département de biologie animale université les frères Mentouri 1 Constantine À tous ceux qui nous aide de près ou de loin*

*MERCI...*



---

# *Dédicace*



*Tous d'abord je tiens à remercier le bon dieu de nous avoir donné la force ; le courage et la volonté pour accomplir ce travail*

*Je remercie mon encadreur MmeChaibAouate pour tous le temps qu'elle nous a consacré pour ses précieux conseils et pour son l'aide et son appui tout au long de notre travail*

*Mes remerciement sincère à ma famille, mes chers parents, mes sœurs et mes frères et mes amies*

*Je n'oublie pas de tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail*

*Chergui Yousra*



---





---

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chères*

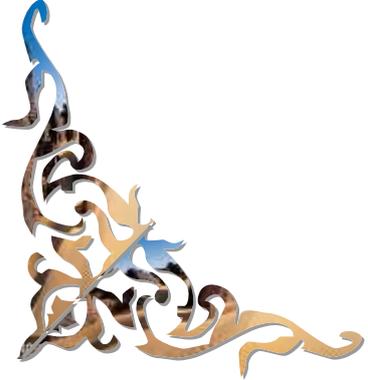
*A mes parents*

*A mes frères et sœurs*

*A toute ma famille*

*A mes amis*

*Benfadel Dounia*



---

**Remerciement**

**Dédicace**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**Introduction ..... 1**

## **PARTIE THEORIQUES**

### **Chapitre I : La bio-informatique**

1. Introduction .....	3
2. Définition de la bio-informatique.....	4
3. Histoire .....	5
4. Description générale de la bio-informatique .....	7
5. Démarche .....	7
5.1. Compilation et organisation des données biologiques dans des bases de données .7	
5.2. Traitements systématiques des données .....	7
5.3. Elaboration de stratégies.....	7
6. Les sources de données biologiques.....	8
6.1. Le Projet du génome Humain et l'étude du génome .....	8
6.2. L'étude du protéome.....	8
6.3. Les technologies à haut débit.....	8
7. Les champs liés à la bio-informatique.....	9
8. Les domaines de recherches en bio-informatique .....	9
9. Les défis de la bio-informatique.....	10
10. Apports à la biologie .....	11
11. La bio-informatique en entomologie.....	12
12. Conclusion.....	12

### **Chapitre II : Classification des insectes**

1. Introduction .....	13
2. Définition .....	13
3. La classification des insectes.....	13
3.1 Cycle de développement.....	14
3.2 La reproduction chez les insectes .....	14
3.3. Anatomie externe .....	14
3.4. L'ordre .....	14

3.4.1. Ephéméroptères.....	14
3.4.2. Odonates.....	16
3.4.3. Plécoptères .....	16
3.4.4. Neuroptères .....	17
3.4.5. Dermaptères .....	18
3.4.6. Psocoptères.....	18
3.4.7. Thysanoptères .....	19
3.4.8. Hémiptères .....	20
3.4.9. Homoptères .....	20
3.4.10. Coléoptères.....	21
3.4.11. Mécoptères .....	21
3.4.12. Lépidoptères comme les papillons .....	22
3.4.13. Trichoptères.....	23
3.4.14. Diptères .....	24
3.4.15. Lyménoptères .....	24
3.4.16. Siphonaptère comme des puces .....	26
3.4.17. Mallophage et Anoploures .....	26
3.4.18. Thysanoures .....	27
3.4.19. Collemboles.....	27
3.4.20. Protoures .....	28
3.4.21. Strepsiptères .....	28
3.5. La classification selon le nombre des ailes .....	28
3.6. La classification selon la morphologie des insectes .....	29
4. Conclusion.....	34

## **PARTIE PRATIQUE**

### **Chapitre III : Système de classification automatique des insectes**

1. Introduction .....	36
2. Préparation générale du système .....	36
3. Architecture détaillée du système proposé .....	37
4. Implémentation du système .....	41
4.1. Les outils d'implémentation .....	41
4.2. Développement de l'application.....	42

**Listes**  
**Des figures, tableaux**  
**Et Abréviations**

<b>Figure 1 :</b>	la biodiversité informatique.....	3
<b>Figure 2 :</b>	Éphéméroptères.....	15
<b>Figure 3 :</b>	Zygoptères (demoiselles).....	16
<b>Figure 4 :</b>	Anisoptères (libellules).....	16
<b>Figure 5 :</b>	plécoptère.....	17
<b>Figure 6 :</b>	Neuroptères de Sainte-Foy.....	17
<b>Figure 7 :</b>	La différence entre les dermoptères mâles et femelles.....	18
<b>Figure 8 :</b>	deux types de Protoptères.....	19
<b>Figure 9 :</b>	Thysanoptère.....	19
<b>Figure 10 :</b>	Hémiptère de type punaise.....	20
<b>Figure 11 :</b>	Coléoptère.....	21
<b>Figure 12 :</b>	Mouche scorpion.....	21
<b>Figure 13 :</b>	Borée.....	22
<b>Figure 14 :</b>	Papillon.....	23
<b>Figure 15 :</b>	Trichoptère.....	23
<b>Figure 16 :</b>	Mouche.....	24
<b>Figure 17 :</b>	Hyménoptères.....	25
<b>Figure 18 :</b>	Puce de lit.....	26
<b>Figure 19 :</b>	Poux de tête.....	26
<b>Figure 20 :</b>	Thysanoure.....	27
<b>Figure 21 :</b>	Collemboles.....	27
<b>Figure 22 :</b>	Description générale du système.....	36
<b>Figure 23 :</b>	Architecture détaillée de système de classification automatique des insectes.....	37
<b>Figure 24 :</b>	Schéma de fonctionnement du système de classification automatique des Insectes.....	39
<b>Figure 25 :</b>	Page d'accueil de NetBeans.....	41
<b>Figure 26 :</b>	Interface d'accueil.....	42
<b>Figure 27 :</b>	Interface des caractéristiques morphologiques.....	43
<b>Figure 28 :</b>	Exécution de la base des insectes.....	43
<b>Figure 29 :</b>	Création de la base des insectes.....	44
<b>Figure 30 :</b>	Edition de la base des insectes (L'ajout des insectes).....	44

<b>Tableau 1 :</b>	Les étapes d'évolution de la bio-informatique.....	6
<b>Tableau 2 :</b>	Classification des insectes selon nombre des ailes .....	29
<b>Tableau 3 :</b>	La classification selon la morphologie des insectes .....	31

**ADN** : acide désoxyribonucléique.

**Biologie in silico** : c'est le traitement automatisé par des méthodes ou des outils informatiques.

**Biologie in vivo** : dans le vivant.

**3D** : trois dimensions.

**L'ARN messenger** : acide ribonucléique messenger.

**Ordinateur IBM** : ordinateur interaction business machines

**PDB** : Protéine Data Bank.

**La banque EMBL** : banque européenne généraliste de séquences nucléiques.

**PCR** : polymerasechainreaction.

**La banque NBRF** : banque américaine généraliste de séquences protéique.

**Devereux (UW GCG)** : logiciel d'analyse de séquence.

**HTS** : high-throughputsequencing.

**BD** : base de données.

# **Introduction**

### Introduction

Les bio-informatiques se définissent, aujourd'hui, comme l'ensemble des méthodes et des techniques utilisant des composants du vivant (molécules, organites, cellules, organismes) pour rechercher, modifier ou produire des substances chimiques ou des éléments d'origine végétale, animale ou microbienne.

Il y a quelque 10 000 ans, lorsqu'il est passé du stade de cueilleur-chasseur à celui d'agriculteur-éleveur, l'homme, en sélectionnant les espèces végétales ou animales dont il avait besoin, en semant ses récoltes et en faisant se reproduire son bétail, commençait déjà à modifier le monde vivant qui l'entourait pour améliorer son ordinaire

**Bio-informatique biologique**, est un ouvrage scientifique qui s'appuie sur une connaissance approfondie de la morphogenèse et du développement des organismes vivants dans un objectif de recherche scientifique pour accroître les connaissances humaines. Il offre à la fois une vue d'ensemble des techniques utilisées et une approche détaillée qui autorise la reproductibilité des protocoles.

La bio-informatique en entomologie c'est la science qui étudie les insectes et pour mieux développer et orienter les efforts de recherche dans ce domaine.

Elle contribue à la connaissance du monde mais aussi au développement des activités comme l'agriculture ou encore à la lutte contre les espèces invasives. Passionné(e) par la nature, la biologie, mais surtout par les insectes

Aujourd'hui, la pratique de l'entomologie est davantage tournée vers la protection des espèces plutôt que vers la constitution de collection.

Les techniques d'identification génétique, basées notamment sur le code-barres ADN se sont récemment développées. Mais comme elles restent coûteuses, les biologistes ont encore beaucoup recours à l'observation de l'espèce pour l'identifier dans ce vaste monde d'insectes

Dans ce mémoire la classification d'un *insecte* consiste à le placer dans différentes catégories taxinomiques correspondant à différents niveaux de précision en se basent sur plusieurs critères.

Généralement, les catégories les plus utilisées sont le phylum, la classe :

Les insectes sont une classe d'animaux invertébrés,

L'embranchement des arthropodes et du sous-embranchement des hexapodes.

L'ordre, la famille, le genre et l'espèce.

Si l'on compte toutes les sous espèces actuellement décrites, l'ensemble des insectes comporte environ 1.500.000 types, et il est certain que ce chiffre doit être multiplié par 4 ou 5 pour approcher du nombre réel des espèces qui doivent exister sur le globe.

Généralement les insectes sont caractérisés par un corps segmenté en trois tagmes (tête possédant des pièces buccales externes, une paire d'antennes et au moins une paire d'yeux composés ; thorax pourvu de trois paires de pattes articulées et deux paires d'ailes plus ou moins modifiées ; abdomen dépourvu d'appendices) contenant au maximum 11 segments protégés par une cuticule formant un exosquelette composé de chitine et pourvu de trachées respiratoires.

Ce mémoire est divisé en 3 chapitres

Le 1<sup>er</sup> pour commencer cette étude nous avons parlé de l'entomologie et la bio-informatique et la relation entre les deux

Le 2<sup>ème</sup> chapitre nous avons détaillé la classification des insectes selon

Cycle de développement ; La reproduction chez les insectes ; anatomie externe et L'ordre.

Chapitre 3 : explication d'une étude approfondie d'un système de classification automatique des insectes.

# **PARTIE THEORIQUES**

## **Chapitre I**

### **La Bio-informatique**

## 1. Introduction :

La bio-informatique, ou bio-informatique, est un champ de recherche multidisciplinaire de la biotechnologie où travaillent de concert biologistes, médecins, informaticiens, mathématiciens, physiciens et bio-informaticiens, dans le but de résoudre un problème scientifique posé par la biologie. Plus généralement, la bio-informatique est l'application de la statistique et de l'informatique à la science biologique. Le spécialiste qui travaille à mi-chemin entre ces sciences et l'informatique est appelé bio-informaticien ou bio naute.(1)

L'utilisation du terme bio-informatique est documentée pour la première fois en 1970 dans une publication de Paulien Hogeweg et Ben Hesper (université d'Utrecht, Pays-Bas), en référence à l'étude des processus d'information dans les systèmes biotiques.(1)

Ce domaine s'étend de l'analyse du génome à la modélisation de l'évolution d'une population animale dans un environnement donné, en passant par la modélisation moléculaire, l'analyse d'image, l'assemblage de génome et la reconstruction d'arbres phylogénétiques.

Cette discipline constitue la « *biologie in silico* », par analogie avec *in vitro* ou *in vivo*.(1)

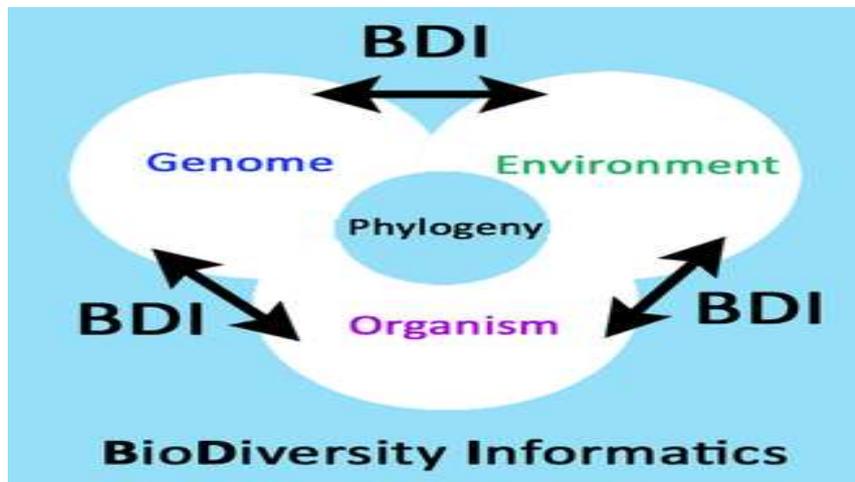


Fig1 : la biodiversité informatique

## 2. Définitions

La bioinformatique est l'étude de l'information biologique. Ce n'est pas simplement l'application à la biologie de l'informatique ; c'est une branche à part entière de la biologie. La bioinformatique actuelle se concentre sur tout sur l'étude des séquences d'ADN et sur le repliement des protéines, donc travaille surtout au niveau moléculaire. De nombreux bioinformaticiens travaillent également à l'élaboration d'outils biologiques permettant de résoudre des problèmes de l'informatique classique.(2)

On trouve un grand nombre de définitions selon l'acception du terme et selon la prépondérance de "bio" sur "informatique" ou l'inverse.

- La bioinformation est l'information liée aux molécules biologiques : leur séquence, leur nombre, leur(s) structure(s), leur(s) fonction(s), leurs liens de "parenté", leurs interactions et leur intégration dans la cellule ...
- Cette bioinformation est issue de diverses disciplines : la biochimie, la génétique, la génomique structurale, la génomique fonctionnelle, la transcriptomique, la protéomique, la biologie structurale (structure spatiale des molécules biologiques, modélisation moléculaire ... ), ...
- Une définition de la bioinformatique : analyse de la bioinformation par des moyens informatiques.(1)

La bioinformatique est constituée par l'ensemble des concepts et des techniques nécessaires à l'interprétation informatique de l'information biologique. Plusieurs champs d'application ou sous-disciplines de la bio-informatique se sont constitués : La bio-informatique des séquences, qui traite de l'analyse de données issues de l'information génétique contenue dans la séquence de l'ADN ou dans celle des protéines qu'il code. Cette branche s'intéresse en particulier à l'identification des ressemblances entre les séquences, à l'identification des gènes ou de régions biologiquement pertinentes dans l'ADN ou dans les protéines, en se basant sur l'enchaînement ou séquence de leurs composants élémentaires (nucléotides, acides aminés).(1)

La bio-informatique structurale, qui traite de la reconstruction, de la prédiction ou de l'analyse de la structure 3D ou du repliement des macromolécules biologiques (protéines, acides nucléiques), au moyen d'outils informatiques.(2)

La bio-informatique des réseaux, qui s'intéresse aux interactions entre gènes, protéines, cellules, organismes, en essayant d'analyser et de modéliser les comportements collectifs d'ensembles de briques élémentaires du Vivant. Cette partie de la bio-informatique se nourrit en particulier des données issues de technologies d'analyse à haut débit comme la protéomique ou la transcriptomique pour analyser des flux génétiques ou métaboliques.(2)

La bio-informatique est une branche théorique de la biologie alors que pour d'autres, elle se situe clairement au carrefour des mathématiques, de l'informatique et de la biologie. Il s'agit en fait d'analyser, modéliser ou prédire les informations issues de données biologiques expérimentales. Dans un sens encore plus étendu, on peut aussi inclure sous le concept de bio-informatique le développement d'outils de traitement de l'information basés sur des systèmes biologiques comme l'utilisation des propriétés combinatoires du code génétique pour la conception d'ordinateurs à ADN permettant de résoudre des problèmes algorithmiques complexes (2)

### **3. Historique**

Le terme bioinformatique n'est apparu dans la littérature scientifique qu'au début des années 1990, cependant ce domaine de recherche existait bien avant l'essor de la génomique et des dizaines de laboratoires dans le monde travaillent depuis longtemps en biomathématiques ou biométrie . La première utilisation réelle du terme bioinformatique a été en 1993 où il apparaît 3 fois dans les articles du domaine puis 9 et 10 fois en 1994-95 pour ensuite augmenter de façon exponentielle. La synthèse des étapes d'évolution de la bioinformatique montre que leurs premières étapes coïncident avec celles de la biologie moléculaire. Le tableau suivant retrace l'émergence du domaine, et montre à quel point il est lié à la biologie moléculaire et leurs évolutions. (1)

Tableau 1. Les étapes d'évolution de la bioinformatique

Année	Les évènements
1953	-Structure en double hélice de l'ADN (Watson-Crick)
1956	-Séquence en acides aminés de la première protéine : insuline -Fortran ((FORMulaTRANslation) : Premier langage informatique de haut niveau.
1958	Première structure 3D de protéine (myoglobine, Kendrew)
1955-1965	Premiers langages informatiques, premier ordinateur commercial
1961	Sidney Brenner, François Jacob, Matthew Meselson identifient l'ARN messager. Nirenberg et Matthaei déchiffrent le code génétique.
1965	Jacques Monod et François Jacob découvrent les mécanismes de la régulation génétique impliqués dans le dogme central de la biologie Ordinateur IBM/360.
1971	Premier microprocesseur INTEL PDB - Protein Data Bank (structures 3D macromolécules)
1974	Programme de prédiction de structures secondaires des protéines (Chou et Fasman) : "Prediction of Protein Conformation".
1977	Mise au point des techniques de séquençage de l'ADN
1980	Création de la banque EMBL : banque européenne généraliste de séquences nucléiques.
1984	Développement de la réaction de polymérisation en chaîne (PCR) par Mullis Création de la banque NBRF : banque américaine généraliste de séquences protéiques Logiciel d'analyse de séquence (UW GCG) Devereux .
1987	1ère carte génétique du génome humain. Apparition de la technologie des puces à ADN. Genbank, EMBL et DDBJ s'échangent leur contenu et adoptent un système de conventions communes (The DDBJ/EMBL/Genbankfeature Table Definition)
1989	L'apparition de l'Internet
1992	L'utilisation du terme bioinformatique comme une nouvelle discipline. Séquençage complet du chromosome III de la levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . 13 gènes de maladies génétiques ont été identifiés par clonage positionnel.
1998	Séquençage du 1er organisme pluricellulaire (premier animal), <i>Caenorhabditis elegans</i> .
2001	Publication des travaux de séquençage du génome humain presque complet. 13 octobre 2001. Premier clone d'embryon humain
2005	Séquençage à haut débit (high-throughput sequencing en anglais HTS)
2007	L'apparition de la première génération des appareils de séquençage à haut débit : Le pyroséquençage. Le séquençage avec des terminateurs réversibles. Et le séquençage par ligation.
2012	Plus de 3040 génomes eucaryotes et procaryotes séquencés et des milliers en projet (GenomesOnLine) Plus de 393 milliards de nucléotides

La bioinformatique continue d'être dans une période de croissance très rapide, parce que les besoins d'une matière de stockage de l'information, la recherche et l'analyse en biologie moléculaire et la génomique ont considérablement augmentés au cours de la dernière décennie. Les types des données recueillies par les biologistes aujourd'hui vont beaucoup aider à une meilleure étude (2)

#### **4. Description générale de la bioinformatique :**

- discipline récente (quelques dizaines d'années).
- discipline hybride : elle est fondée sur des concepts et des formalismes issus de la biologie, de l'informatique, des mathématiques et de la physique, de la chimie (techniques de séquençage, ...).
- discipline qui utilise tout le potentiel de traitement de l'informatique : modèles théoriques, algorithmes et programmes, bases de données, ordinateurs, réseau Internet, protocoles de communication, langages, ...(2)

#### **5. Démarche**

##### **5.1 Compilation et organisation des données biologiques dans des bases de données :**

- bases de données généralistes (elles contiennent le plus d'information possible sans expertise très poussée de l'information déposée)
- bases de données spécialisées autour de thèmes précis(2)

##### **5.2. Traitements systématiques des données :**

L'un des objectifs est de repérer et de caractériser une fonction et/ou une structure biologique importante. Les résultats de ces traitements constituent de nouvelles données biologiques obtenues "*in silico*".(3)

##### **5.3. Elaboration de stratégies :**

- apporter des connaissances biologiques supplémentaires en combinant les données biologiques initiales et les données biologiques obtenues "*in silico*".
- ces connaissances permettent, à leur tour, de développer de nouveaux concepts en biologie.(2)

- concepts qui, pour être validés, peuvent nécessiter le développement de nouvelles théories et outils en mathématiques et en informatique.(3)

## **6. Les sources de données biologiques (bioinformation) :**

Les sources de la bioinformation sont multiple, selon Sean,D. et al. Il existe trois sources fondamentales qui sont en train de révolutionner notre compréhension de la biologie humaine et qui créent des défis importants pour la bioinformatique :

### **6.1 Le projet du Génome Humain et l'étude du génome**

Le type le plus dominant de la bioinformation est la séquence qui a été activée par le Projet du Génome Humain, c'est un projet international visant à déterminer la séquence complète de l'ADN humain codé dans chacun des 23 chromosomes c'est à dire le génome humain, premièrement le projet a été publié en 2001 et la version finale a été annoncé en 2003 coïncide avec le 50e anniversaire de la découverte d'une structure en double hélice de l'ADN par Watson et Crick. La séquence continue d'être révisée et raffinée et des efforts sont en cours pour séquencer les génomes de nombreux individus différents.(4)

### **6.2 L'étude du protéome**

Nommée aussi la protéomique avec cette discipline les chercheurs peuvent découvrir les états des protéines dans l'organisme. Ces états de protéines représentent des nouvelles informations biologiques qui peuvent être utilisées pour identifier les marqueurs d'une maladie humaine.(4)

### **6.3 Les technologies à haut débit**

Qui sont utilisées pour recueillir des données sur des milliers ou des millions de molécules simultanément. Avec ces technologies nous pouvons suivre la production et la dégradation de molécules afin d'extraire des nouvelles informations (ex. expression des gènes) sur ces molécules et les utiliser par exemple pour diagnostiquer les maladies.(4)

## **7. Les champs liés à la bioinformatique:**

La bioinformatique est une discipline « **hybride** » liée à plusieurs champs actifs en même temps, en plus de la biologie, les mathématiques, les statistiques elle est liée à plusieurs autres champs.(4)

- La génomique
- La génomique comparative
- La transcriptomique
- La protéomique
- La métabolomique
- La pharmacogénomique
- La pharmacogénétique
- Chemoinformatique
- La médecine personnalisée

## **8. Les domaines de recherches en bioinformatique:**

Lors de ces dernières décennies, le volume connu de données biologique a grandi de

Manière exponentielle. Ce qui introduit plusieurs domaines de recherche en bioinformatique

Dans ce qui suit nous avons cité quelques-uns :

- L'annotation du génome
- La prédiction de structure des protéines
- L'analyse et la comparaison des séquences
- Interaction protéine-protéine
- L'analyse de données d'expression génique
- Analyse de l'expression des protéines
- Modélisation des réseaux de régulation
- La conception / la découverte de médicaments
- La phylogénie (4)

## 9. Les défis de la bioinformatique

Dans la section précédente nous avons synthétisé quelques domaines de recherche en bioinformatique, à partir de cette synthèse nous pouvons extraire quelques défis du domaine dans le futur :

- Le stockage intelligent de la bioinformation : avec l'évolution très rapide dans la quantité des données biologiques obtenues par les technologies à haut débit, le défi majeur de la bioinformatique consiste à stocker ces données d'une manière efficace (intelligente) où l'utilisateur peut l'accéder et utiliser facilement.

- Augmenter l'intégration des données et des méthodes : l'avenir de la bioinformatique dépend à la capacité d'intégrer des méthodes informatiques, de simulation et de modélisation pour extraire des nouvelles informations ou pour prédire exactement ce qui se passe dans une cellule en temps réel. L'intégration d'une grande variété de sources de données comme la génomique, la transcriptomique, la protéomique avec une grande variété des méthodes, va nous permettre par exemple d'utiliser les symptômes de la maladie pour prédire les mutations génétiques et vice versa.(3)

- La génomique comparative : un autre défi en bioinformatique est la génomique comparative à grande échelle c'est-à-dire le développement des outils pratiques pour comparer les génomes entiers d'organismes afin d'augmenter le rythme de découverte en bioinformatique.(3)

- La modélisation et la visualisation des réseaux complexes de systèmes cellulaires : qui peuvent être utilisées dans l'avenir pour prédire comment le système cellulaire réagit à un stress prévue ou non.

- La numérisation des données phénotypique : la bioinformatique consiste à convertir l'information biologique complexe à un modèle compréhensible pour l'ordinateur. Le problème de la numérisation des données phénotypiques d'une manière lisible par les ordinateurs offre des possibilités intéressantes pour les futurs bioinformaticiens.

- Traiter et interpréter des nouveaux aspects biologique : jusqu'à présent, labioinformatique a été appliquée dans presque tous les domaines d'études biologiques, à partir de génotype<sup>8</sup> et jusqu'à le phénotype<sup>9</sup>. Les domaines les plus récents sont l'interactome, qui intègre des ensembles d'interactions protéine-protéine et localizome, qui décrit les localisations intracellulaires de protéines. Dans l'avenir, le but ultime de la bioinformatique sera l'intégration des bases de données biologiques et de ressources génomiques afin de développer une représentation informatique de cellules et d'organismes

vivants par lequel n'importe quel aspect de la biologie peut être examiné et traité dans la bioinformatique. (3)

## **10.Apports à la biologie**

L'informatique est devenue un apport fondamental à la biologie moléculaire. Les moyens informatiques sont naturellement utilisés pour le stockage ou la gestion des données mais également pour l'interprétation de ces données. Le traitement informatique des séquences peut par exemple déterminer la fonction biologique d'un gène. Cet apport informatique concerne principalement quatre aspects :

1. Le premier est l'organisation des données avec essentiellement la création de base de données an de réunir le plus d'information possible sur les séquences.
2. Le deuxième aspect concerne les traitements que l'on peut effectuer sur les séquences an de repérer un élément biologique intéressant. Ces programmes représentent les traitements couramment utilisés dans l'analyse des séquences comme la recherche des similitudes d'une séquence avec l'ensemble d'une base de données.
3. Le troisième aspect est celui qui permet d'élaborer des stratégies pour apporter des connaissances biologiques supplémentaires que l'on pourra ensuite intégrer dans des traitements standards. Par exemple la mise au point de nouvelles matrices de substitution des acides aminés, etc. . .
4. Enfin, le quatrième aspect est celui de l'évaluation des différentes approches citées précédemment dans le but de valider.

La bioinformatique en entomologie va beaucoup nous aider à développer la branche de zoologie dont l'objet est l'étude des insectes .Avec près de 1.3 millions d'espèces décrite et existantes actuellement.

Pour une discipline qui ne compte qu'une vingtaine d'années d'existence, la bioinformatique fait beaucoup parler d'elle Son développement a suivi l'augmentation exponentielle de la quantité de données provenant, entre autres, des programmes de séquençage systématique de génomes. Si, dans un premier temps, la priorité fut de stocker ce flot d'informations, le rôle de la bioinformatique a rapidement évolué.

Il s'agit à présent de transformer ces données brutes en connaissances.

Et ce n'est pas une mince affaire Un domaine de recherche qui analyse et interprète des données biologiques, au moyen de méthodes informatiques, afin de créer de nouvelles connaissances en biologie.(4)

## **11. La bioinformatique en entomologie**

La bioinformatique en entomologie va beaucoup nous aider a développer la branche de zoologie dont l'objet est l'étude des insectes .Avec près de 1.3 millions d'espèces décrite et existantes actuellement.

Pour une discipline qui ne compte qu'une vingtaine d'années d'existence, la bioinformatique fait beaucoup parler d'elle Son développement a suivi l'augmentation exponentielle de la quantité de données provenant, entre autres, des programmes de séquençage systématique de génomes. Si, dans un premier temps, la priorité fut de stocker ce flot d'informations, le rôle de la bioinformatique a rapidement évolué.

Il s'agit à présent de transformer ces données brutes en connaissances.

Et ce n'est pas une mince affaire Un domaine de recherche qui analyse et interprète des données biologiques, au moyen de méthodes informatiques, afin de créer de nouvelles connaissances en biologie. (3)

## **12.Conclusion :**

Ce chapitre est consacré à la bioinformatique, nous avons présenté un état de l'art de cette discipline. D'abord, nous avons exposé les origines de la bioinformatique avec une démonstration. La bioinformatique connues plusieurs définitions, dans la deuxième section nous avons présenté quelques-unes.

Ensuite, dans les sections qui ont suivi nous avons détaillé des sources de la bio information

La bioinformatique est en interaction avec plusieurs autres disciplines telles que la biologie moléculaire, l'informatique et les mathématiques, nous avons cité dans la sixième section les champs liés à ce domaine multidisciplinaires. Finalement, nous avons exposé quelques domaines de recherche qui sont en plein essor en bioinformatique pour finaliser par les grands défis du domaine qui représente le chemin futur.

# **Chapitre II**

## **Classification des insectes**

## 1. Introduction

La classification des insectes est en constante évolution et suit les progrès technologiques en biologie moléculaire et en génétique.

La classification des insectes a été proposée par **Carl von Linné** au **XVIII<sup>e</sup> siècle** sur la base de critères morphologiques. Ainsi, une trentaine d'ordres d'insectes actuels est recensée sur l'ensemble de la planète. Leur classification n'est pas encore stabilisée, quelques groupes établis par la tradition se révélant récemment hétérogènes. La classe des hexapodes est donc un concept plus vaste que celui des insectes lequel, au sens strict, constituent un groupe frère des entognathes.(5)

## 2. Définition

La classification des organismes s'appuie sur un système hiérarchisé pyramidal dont le principe est la création d'ensembles et de sous-ensembles constituant des catégories taxinomiques : classes, ordres, familles, genres, espèces, sous-espèces...

Chaque ensemble ou sous-ensemble réunit des animaux ou des plantes (ici des insectes) qui possèdent des caractères, généralement morphologiques communs(6)

## 3. La classification des insectes

Chaque classe d'organisme est divisée en ordres, familles, genre, espèces. Il y a parfois des sous-divisions pour chacun de ces groupes ( sous-ordres, sous-famille, sous-genre et sous-espèce). Le regroupement des insectes dans les différents ordres est principalement basé sur leur mode de développement et sur leur morphologie. Les abeilles domestiques, les guêpes et les fourmis font tout partie de l'ordre de Hyménoptères, mais sont classés dans différentes familles. Selon la convention, le nom du genre commence par une lettre majuscule et est suivi du nom de l'espèce en lettre minuscule.

En plus le nom de genre et l'espèce sont écrits en italique.(6)

Exemple de l'abeille domestique.

Règne: Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe: Insecta

Ordre: Hyménoptera.

Famille: Apidae

Genre: Apis

Espèce: mellifera

Nom Commun: Les noms communs français des familles d'insectes sont souvent semblables aux noms scientifiques des familles (ex Cicindelidae=cincindèle;

Bombyllidae=bombyles

Coccinellidae=coccinelle..etc)

Les noms scientifiques sont toujours beaucoup plus sûrs et universels.les noms communs sont souvent source de confusion car ils sont parfois interprétés différemment selon les régions ou le langage parlés.(6)

### **3.1 Cycle de développement**

Le cycle de vie de l'insecte ou cycle de développement de l'insecte passe par plusieurs stades de transformations physiques appelés « mues ». ... Il existe chez les insectes deux types de développement. Un direct avec une morphogenèse progressive ou un indirect avec une morphogenèse par métamorphose.(6)

### **3.2 La reproduction Chez les insectes**

On retrouve la reproduction sexuée et la reproduction asexuée. ... Ces insectes incubent les œufs à l'intérieur de leur abdomen et les pondent au moment de l'éclosion. D'autres insectes sont vivipares et ils complètent leur développement à l'intérieur de l'abdomen de la mère.(6)

### **3.3 Anatomie externe**

Les insectes ont un corps segmenté soutenu par un exosquelette qui est composé d'une cuticule chitineuse. Les segments du corps sont organisés en trois tagmes qui sont la tête, le thorax et l'abdomen (6)

### **3.4 L'ordre**

Les principaux ordres d'insectes sont :

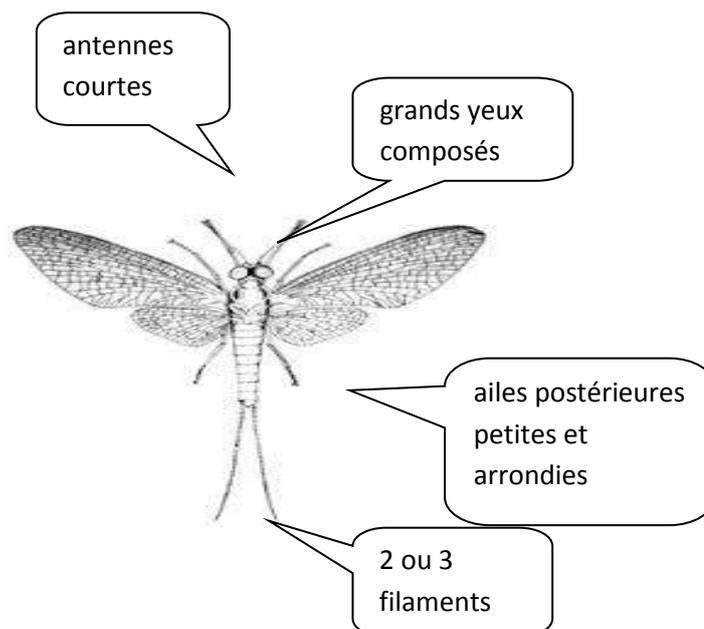
#### **3.4.1 Éphéméroptères**

Les ailes ne peuvent pas se replier le long du corps ce qui les rend plus vulnérables.

Plus vieux groupe d'insectes ailés.

- Pas de pièces buccales chez l'adulte (qui ne se nourrissent pas).
- Adultes ne survivent généralement pas plus d'une journée (parfois quelques éminutes seulement).
- Presque toute la vie se déroule à l'état larvaire (de un à trois ans; 12 à 35 mues).(5)

- Les mâles ailés se regroupent en vastes essaims (13).
- Les femelles imago sont attirées par ces essaims de mâles (l'accouplement se fait en vol dans l'essaim).
- Oeufs pondus dans l'eau (par centaines et même, milliers) (16).
- Plusieurs espèces sont sensibles à la pollution et servent donc d'indicateur de la qualité de l'eau.(5)
- Larves aquatiques (eaux larve courantes ou dormantes).
- Larves détritivores, phytophages ou carnivores selon l'espèce (pièces buccales de type broyeur).
- Cerques de la larve servent à détecter les prédateurs.
- La dernière mue donne un individu terrestre qui n'est pas encore sexuellement mature (stade subimago). Une dernière mue donne l'adulte fonctionnel (imago). C'est le seul ordre d'insectes connaissant un stade ailé qui n'est pas sexuellement mature.(5)
- Les mâles ailés se regroupent en vastes essaims (13)
- Les femelles imago sont attirées par ces essaims de mâles
- (l'accouplement se fait en vol dans l'essaim).
- Oeufs pondus dans l'eau (par centaines et même, milliers)(16)
- Plusieurs espèces sont sensibles à la pollution et servent donc d'indicateur de la qualité de l'eau.(5)



**Fig.2 Éphéméroptères**

### 3.4.2 Odonates

Comme chez les éphémères, les ailes ne peuvent pas se replier le long du corps ce qui les rend plus vulnérables.(5)



Ailes antérieures à peu près identiques aux postérieures  
Ailes relevées sur le dos au repos

Figure.3 Zygoptères (demoiselles) (13)



Ailes antérieures différentes des ailes postérieures  
Ailes étalées au repos

Figure.4 Anisoptères (libellules) (9)

### 3.4.3 Plécoptères

- Volent peu et mal ; on les retrouve généralement près des cours d'eau où ils ont passé leur stade larvaire.
- Pièces buccales peu développées ou atrophiées chez l'adulte (ne mangent pas). (5)

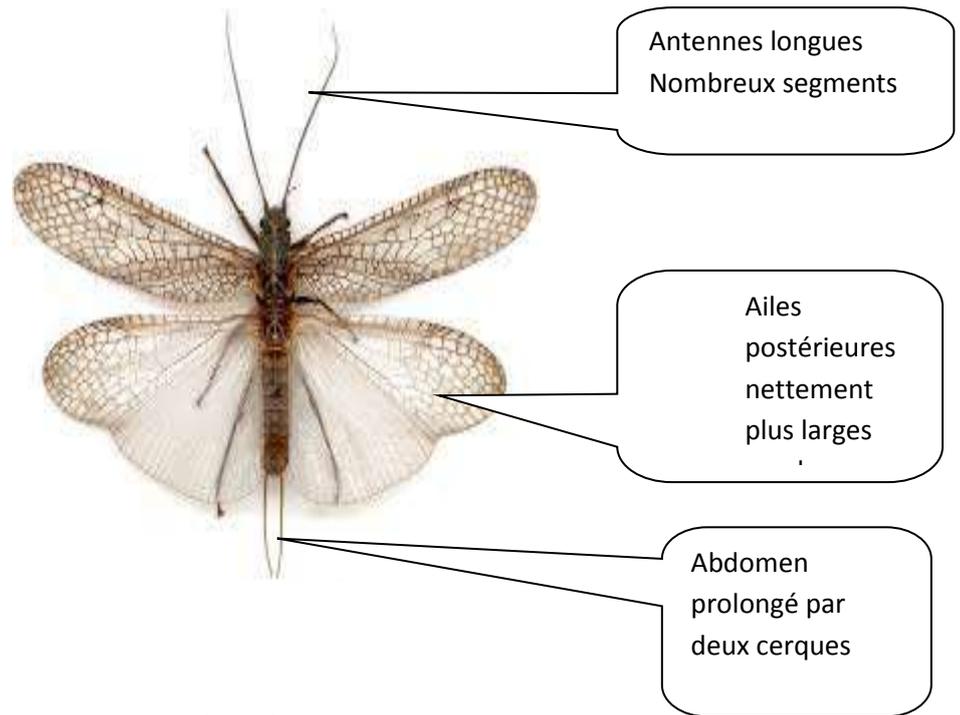


Figure.5 plécoptère(5)

- Larves aquatiques (eaux courantes, froides, bien oxygénées en général).
- Larves herbivores en général, mais certaines espèces sont carnivores ou omnivores.
- Certaines espèces se reproduisent très tôt au printemps, parfois dès le mois de mars.(5)

#### 3.4.4 Neuroptères

- Les neuroptères ne possèdent pas de cerques à l'extrémité de l'abdomen
- Les ailes postérieures sensiblement de la même taille que les antérieures (5)

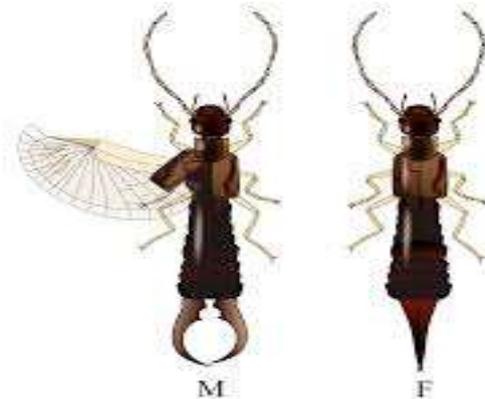


Figure.6 Neuroptères de Sainte-Foy (9)

### 3.4.5 Dermoptères ou perce-oreilles

- L'aptères ou les ailes membraneuses repliées sous une paire d'ailes cornées courtes

(5)



**Figure.7 La différence entre les dermoptères mâles et femelles (9)**

- Pièces buccales de type broyeur.
- Omnivores
- Femelle pond ses œufs dans un tunnel creusé dans le sol et s'occupe activement de la protection de ceux-ci avant et après l'éclosion.

### 3.4.6 Psocoptères

- barklice et booklice en anglais, c'est à dire poux de l'écorce ou poux des livres)
- Les adultes sont parfois sans ailles ou à ailles courtes (5)
- Adulte aillé adulte sans aille
  - ✓ Vivent dans le sol (litière), sur l'écorce des arbres ou dans les débris végétaux, dans le nid des oiseaux, des abeilles ou des guêpes.
  - ✓ Pièces buccales de type broyeur.
  - ✓ Se nourrissent en général d'algues unicellulaires, de levures, de lichens, de spores de champignons ou de moisissures à la surface de la végétation (epiphyticgrazers en anglais)
  - ✓ Certaines espèces comme *Liposcelisbostrychophila* peuvent contaminer les aliments (grains, fruits secs, farine). (5)

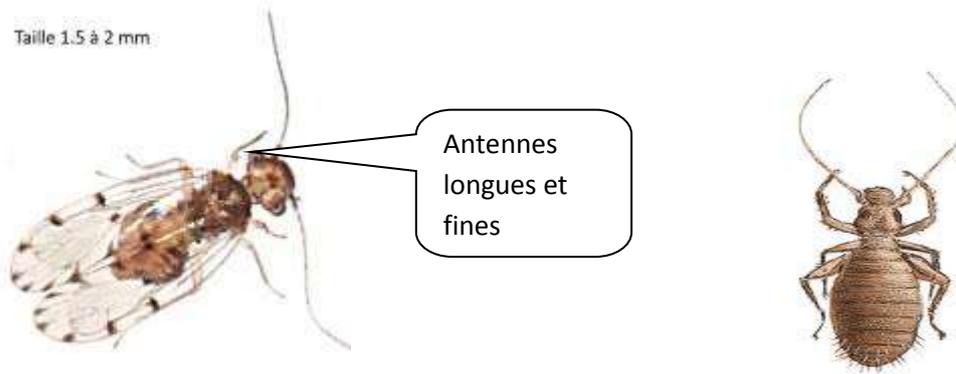


Figure.8 deux types de Psocoptères

### 3.4.7 Thysanoptères

- De taille généralement petite
- Ailes bordées de soies sans nervures
- Antennes courtes



Figure.9 Thysanoptère

- Pièces buccales de type piqueur / suceur. Herbivores en général, peuvent causer d'importants dommages aux cultures ou aux plantes d'intérieur.
- Certains se nourrissent de champignons ou de végétaux en décomposition
- Certaines espèces sont utilisées pour lutter contre les mauvaises herbes.
- Certaines espèces se reproduisent surtout par parthénogenèse (œufs non fécondés). Volent peu et mal. Se dispersent surtout par le vent. (5)

### 3.4.8 Hémiptères Ou punaises, patineurs

- Un groupe d'insectes plutôt hétérogène
- L'Ordre des Hémiptères est divisé en deux sous-Ordres, les Hétéroptères dont les ailes antérieures sont des hémélytres (une partie coriacée et une partie membraneuse) et les Homoptères dont les ailes antérieures sont uniformes.
- Les Hémiptères ont des **pièces buccales de type piqueur-suceur**, qui forme un rostre pointu qui se loge au repos entre les hanches antérieures
- Les Hémiptères sont des insectes qui **se nourrissent de liquides internes** animaux ou végétaux. ( 10 )



**Figure.10 Hémiptère de type punaise (7)**

### 3.4.9 Homoptères

Chez les homoptères, les ailes antérieures, quand elles existent, ont une structure uniforme : elles sont soit coriaces, soit membraneuses. Au repos, elles sont disposées en toit au-dessus de l'abdomen (chez les hétéroptères, les ailes sont disposées à plat).

La très grande majorité des homoptères suce la sève des végétaux. Cet aliment surtout riche en eau et en sucre doit être consommé en très grande quantité pour apporter les éléments nutritifs dont ont besoin ces insectes.

Les homoptères sont divisés en deux groupes principaux :

" Les cicadaïdes qui comprennent les cigales, les membracides, les cercopes, les fulgorelles et les cicadelles ;

" Les phytophages qui comprennent les aphidiens ou pucerons, les psylles, les aleurodes ou mouches blanches et les cochenilles.(8)

### 3.4.10 Coléoptères

Les Coléoptères se caractérisent par une paire d'ailes rigides, les élytres. Ces derniers se rejoignent parfaitement dans l'axe du corps couvrant totalement ou partiellement l'abdomen. (10)

Certains coléoptères mordent des parties d'une feuille de façon à ce qu'elle s'enroule sur elle-même, pour ensuite pondre leurs œufs à l'intérieur

Généralement, on retrouve cette stratégie de reproduction chez les insectes l'habitat est peu propice au développement des œufs. (5)

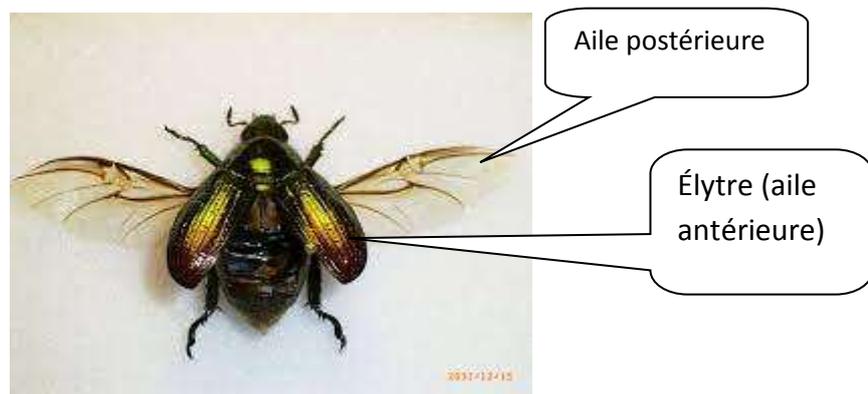


Figure.11 Coléoptère (5)

### 3.4.11 Mécoptères ou Mouches scorpion

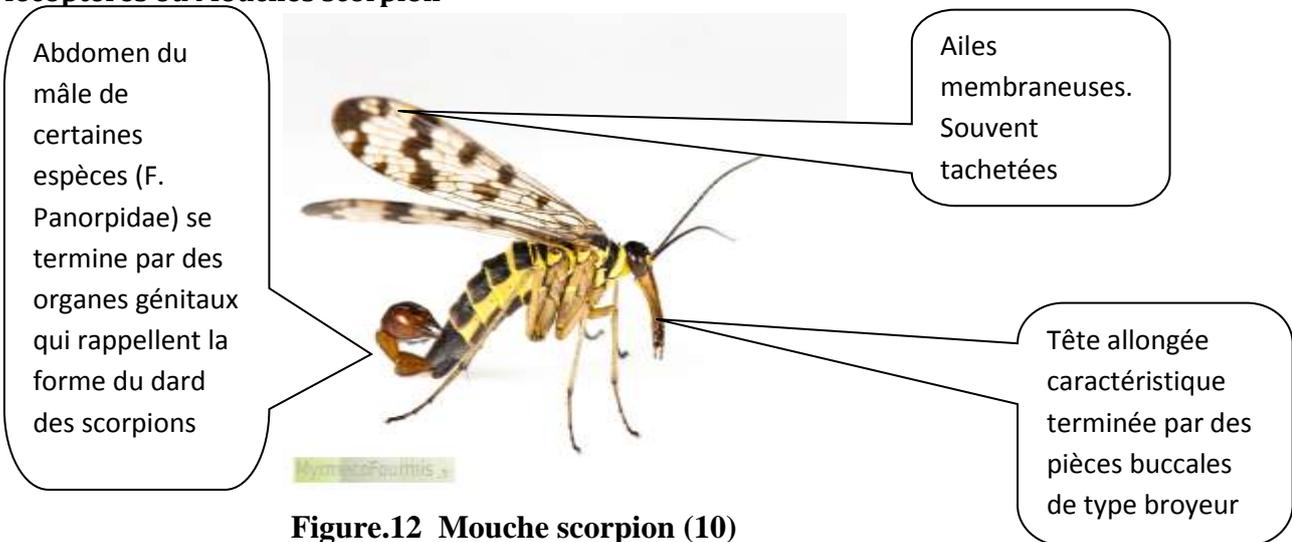


Figure.12 Mouche scorpion (10)

Certaines espèces carnivores.

La plupart se nourrissent de sève, de jus de fruit ou de nectar.

Certaines espèces vont voler aux araignées les insectes pris dans leur toile (peuvent se faire prendre par la toile, mais ont des sécrétions salivaires pour se déprendre). Les espèces de la famille des Boreidae, (Snowscorpion lies) peuvent être vues, tard l'automne, sur la neige. Peuvent supporter des températures jusqu'à moins 6°C. Les Boreidae sont aptères. 17 espèces au Québec (6 sp. de Boreidae et 15 de Panorpidae) (5)



**Figure.13 Borée (11)**

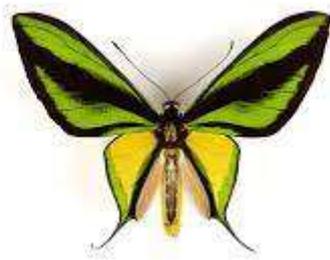
### **3.4.12 Lépidoptères Comme les papillons**

Les papillons sont souvent considérés comme les plus beaux des animaux, et les collectionneurs les recherchent pour leurs couleurs, qui peuvent être éclatantes et sont dues aux minuscules écailles couvrant les ailes de ces Insectes. Linné a jugé cette particularité si caractéristique qu'il en a tiré le nom de l'ordre des Lépidoptères (du grec *λεπίς*, écaille). En dehors de leur rôle éventuel dans l'absorption du rayonnement solaire, créant dans les ailes des différences de température propres à activer la circulation de l'hémolymphe, les écailles dessinent des figures signalétiques ou des dessins de camouflage qui sont parmi les plus perfectionnés qu'on connaisse dans le règne animal. Cependant les zoologistes ne peuvent se borner à définir les papillons comme des Insectes ayant quatre ailes couvertes d'écailles, car celles-ci, qui sont des soies tégumentaires modifiées, se rencontrent de façon générale chez les Arthropodes. Deux autres caractères fondamentaux définissent encore les Lépidoptères : les métamorphoses et la trompe. (11)

On sait que le développement des papillons passe par trois phases : les larves (chenilles) deviennent des nymphes (chrysalides) desquelles naissent les papillons adultes ; c'est un développement dit holométabole

Quant à la trompe, qui n'existe qu'au stade adulte, c'est un organe suceur, tubulaire, apparemment simple, mais d'un extraordinaire raffinement dans sa structure détaillée.

Dans la plupart des cas, les papillons l'utilisent pour la récolte du nectar des fleurs. Il est vraisemblable par conséquent que l'ordre des Lépidoptères groupe des Insectes dont l'évolution a accompagné celle des Phanérogames, au cours de l'ère tertiaire. En raison de leur haute spécialisation nutritionnelle, les adultes sont inoffensifs, voire même utiles à la pollinisation, mais il n'en est pas de même des larves, redoutables ennemies des cultures et des denrées entreposées ; seul le ver à soie (chenille du *Bombyx mori*) se range parmi les Insectes utiles.(12)



**Figure.14 Papillon (15)**

### **3.4.13 Trichoptères**

Les antennes filiformes aussi longues ou plus longues que le corps



**Figure.15 Trichoptère (12)**

Larve aquatique. La larve de la plupart des espèces se fabrique un abri en forme de fourreau avec du gravier fin ou des débris divers assemblés par de la soie

Larves carnivores, herbivores ou détritivores.

L'adulte ne se nourrit pas en général.

Après la reproduction, la femelle pond les œufs dans l'eau, ou très près de celle-ci de façon à ce que les larves y tombent une fois que l'œuf éclot. Les larves s'attachent aux rochers et aux végétaux avec des crochets situés sur les pattes arrière.

C'est pourquoi on les retrouve un peu partout où il y a un cours d'eau, un marais, on même de petites étandues d'eau stagnantes... car c'est l'endroit propice pour les larves de se développer.

Les larves, qui ressemblent également à une chenille, mais avec moins de pseudopodes, passent la majeure partie de leurs vies dans l'eau.(13)

### **3.4.14 Diptères**

Des mouches de petite taille

Les diptères ont la particularité de ne posséder qu'une paire d'ailes, la seconde est modifiée et réduite pour constituer un balancier ou haltère. L'appareil buccal est généralement de type suceur. On distingue les Nématocères aux antennes filiformes (moustiques) et les Brachycèrves aux antennes courtes et trapues (mouches). Les larves sont terrestres ou aquatiques, très différentes des imagos dans tous les cas. (120000 espèces dans le monde). (6)

Les mâles de moustiques sont attirés par le sifflement caractéristique (ut 4) émis par la femelle. Leurs longues soies antennaires vibrent à ce son. (14)



**Figure.16 Mouche (14)**

### **3.4.15 Iyménoptères**

Insecte complète qui, comme les abeilles, guêpes, fourmis, possède quatre ailes membraneuses, inégales, des mandibules faites pour broyer, les autres pièces buccales pour

lécher et aspirer les liquides. (Les ailes antérieures et postérieures du même côté sont couplées par des crochets [hamules] ; elles peuvent être réduites ou absentes.) (16)

Les Hyménoptères ont des yeux composés normaux et trois ocelles (sauf les formes aptères).

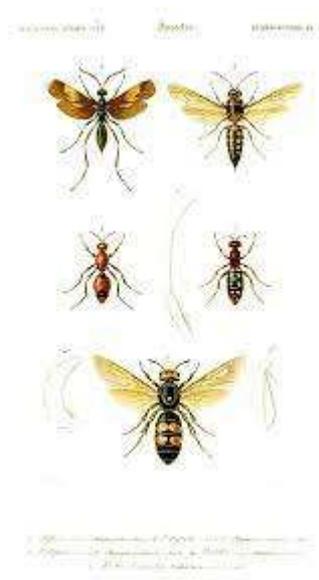
La majorité des Hyménoptères a 2 paires d'ailes avec les antérieures plus développées que les postérieures. Certaines espèces ont des ailes réduites ou absentes (comme les fourmis). Les ailes sont couplées en vol par des crochets fixés aux ailes postérieures.

Les tarsi des Hyménoptères ont 5 articles. Les pattes antérieures sont parfois ravisseuses ou adaptées au fouissage. Les pattes postérieures ont des fémurs élargis chez les espèces récolteuses de pollen.(7)

Les Hyménoptères sont végétariens, prédateurs ou parasites. Certains hyménoptères forment des sociétés avec plusieurs types d'individus.

Les Hyménoptères sont des insectes holométaboles, donc avec une métamorphose complète avec 3 stades : larve, nymphe et imago. Les larves des Hyménoptères sont apodes et peu mobiles, leur vie est très différente de celle des adultes. Certaines larves (Symphytes) ressemblent à des chenilles (larves éruciformes).

Les Hyménoptères constituent l'un des 3 plus importants ordres d'insectes avec plus de 120000 espèces décrites dans le monde. En France on compte environ 8000 espèces d'hyménoptères (6)



**Figure.17 Hyménoptères (15)**

**3.4.16 Siphonaptères Comme des puces**

Ectoparasite hématophage. Les œufs pondus par la femelle tombent par terre où ils se développent en larves. Après la nymphose, l'adulte recherche un hôte.(5)



**Figure.18 Puce de lit (9)**

**3.4.17 Mallophages et Anoploures**

- Faux-poux, poux et morpions
- Regroupés dans le seul Ordre des Phthiraptères par certains auteurs
- Les mallophages sont des parasites surtout des oiseaux, mais parfois, aussi, des mammifères. Se nourrissent des desquamations de la peau, des poils et des plumes. Causent des irritations qui peuvent affaiblir l'animal. Pièces buccales de type broyeur.
- Les Anoploures ( poux et morpions ) sont Parasites hématophages (se nourrissent de sang) des oiseaux et des mammifères.
- Pièces buccales en forme de LIEN trompe pouvant piquer.(5)



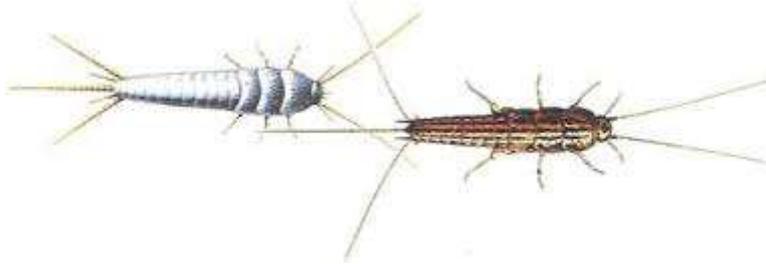
**Fig.19 Poux de tête (9)**

**3.4.18 Thysanoures**

Insectes nocturnes. Omnivores détritivores. Litière du sol, sous l'écorce des arbres morts, dans le terrier de certains mammifères ou en association avec des termites.

Deux espèces ne se retrouvent pratiquement que dans les maisons :

- Lépisme argenté (*Lepismasaccharina* L.)
- Thermobie (*Thermobiadomestica*) Raffolent de l'amidon.(5)



**Figure.20 Thysanoure (13)**

**3.4.19 Collemboles**

- Petits, moins de 6 mm
- Détritivores abondants dans le sol et la litière. Se nourrissent surtout de champignons, spores et matière végétale en décomposition.
- Tube ventral ou collophore servant à se fixer à des surfaces lisses ou à aspirer des liquides. Participe aussi à la respiration.
- FURCULA (ou furca) appendice fourchu situé sous l'abdomen servant à sauter. Parfois absente.(5)



**Figure.21 Collembole (9)**

Certaines espèces appelées puce des neiges sont visibles très tôt, au printemps, dans la neige. (8)

**3.4.20 Protoures**

Pas d'antennes Ni yeux, ni ocelles Détritivores, vivent dans la litière des sols

Très petits (17)

**3.4.21 Strepsiptères**

Seul le mâle a des ailes. La femelle ne bouge pas, elle n'a ni yeux, ni antennes, ni pièces buccales, ni pattes, ni ailes.(14)

**3.5 La classification selon le nombre des ailes**

Le tableau ci-dessous nous donne le nom d'ordre des insectes en fonction de l'aspect des ailes Pas d'ailes aptères primaires qui n'ont pas jamais des ailes (exp: poisson d'argent).

\*Aptères secondaires qui n'ont plus d'aile ( les pouXJes puces)

\*Diptère: qui ont deux ailes ou un paire d'aile( les mouches. Les moustiques, les taons...)

Les coléoptères qui ont quatre ailes ou deux paires d'ailes. Une paire d'ailes coriaces et coloré les élytres, et une paire d'ailes

transparentes. (Exp : coccinelle, les scarabées, les carabes, les vers luisants, les lucanes...)

Hyménoptères : qui ont 4 ailes semblables et transparentes. ( exp: fourmi, guêpes, abeilles..

(17)

Note : la majorité des insectes ont deux paires d'ailes

**Tableau 2. Classification des insectes selon nombre des ailes**

	<b>2ailes</b>	<b>4ailes (défèrent)</b>	<b>4ailes (semblables)</b>
Dipteres	lesmorchès:muscado mistiqua.mouchebleu .tipulamaxima.voluce llapellucous-les taous:haemtopotaplu vialès.tbousnois.-les moustiques.culesmod estus.adesalbopidus...		
Colèptères		Hannetons.lucanes cerf- volant.scarbèides.trogida.mimelasp lenders.passalidae.nuthoxie hongroise. aromiemusquèe.anouàmoschrato...	
A ymènoptères			amigillaalbigena.anthop roroaestinolesboulsusal pims.biastesbreuicornis. ceratinaalbosticota.certa in a cyaneor.

**3.6 La classification selon la morphologie des insectes**

La classification des insectes est basé aussi sur des caractères morphologiques,une description générale de la morphologie externe s'avère nécessaire dans les clés de déterminations. II Ya beaucoup des caractères morphologique comme :

La tête: est bien développée porte les principaux organes des sens notamment les yeux les antennes,les pièces buccales, et renferme le cerveau, les glandes ediairon  
diff6Anto.ovnola otlodábutcu le cerveau, les glandes salivaires,différents muscles, et le début du tube digestif.

L'appareil buccal ou l'appareil masticate des insectes, est formé par un ensemble pièces buccales buccales.

Une paire de mandibules qui ont la valeur d'appendice.

Une paire de mâchoires ou maxilles,qui sont également des appendices et présentent dans de nombreux cas.

La lèvre inférieure, ou labium.est une pièce unique formeé par la soudre d'une paire d'appendices,ellepossede souvent une paire de pièce externe articulé IYa des types de pièces buccales qui sont:

Type broyeur( exp: le criquet)

Type lécheur-labial(exp: l'abeille)

Type piqueur suceur (exp: les punaises des bois)

Type suceur maxillaire(exp: les piérides)

Type suceur labial (exp: la mouche bleue)

les antennes: la majorité des immatures présentent une seule paire d'antenne. Les antennes ont un rapport étroit avec les sens de l'odorat et du toucher et sont continuellement en mouvement. Il existe dans tous les insectes trois segments distincts qui sont: le scape, le pédicelle et la flagelle.

les pattes En général les insectes adultes possèdent 6 pattes généralement adaptées à la locomotion terrestre. Les pattes sont souvent modifiées dans d'autres fonctions... beaucoup d'espèces vivent sous terre et ont des pattes fouisseuses... Soit des pattes ravisseuses.

\*Les ailes: la classification des insectes ailés repose en grande partie sur la nature des ailes

Tableau 3: classification des espèces selon les caractères morphologique

Insecte	les pattes	les ailes	Corps	antennes	pieces buccales	taille
Mouche ron Asiatique	la hanche s'articule sur le thorax	un paire d'ailes et une paire de balanciers sur le thorax	ocre à brun clair	courtes et trapues	forme une labre	male: 2.6-2.8mm femelle: 3.2-3.4mm
Domestica Limnaeus	repliee's le long du dos	4 paires d'ailes' les antérieurs Appelés èl ytres	recouvert de soies	de 11 articles	forme une trompe	5-8mm
Aedes Sticticus	couleur des écailles portées par les nervures	noires alaires	couleur noir avec des taches blanches	segments antennaires 1à3		0.5-0.7cm
Culex pipiens	Couvertes et bordées d'écailles	à l'extrémité il ya des pulvilles	déformer l'orsqu' elle se gorge le sang	-fines chez la femelle -plumeuses chez le male	piqueur	5à7mm
Apis mellifera	pigmentation très foncée	pattes postérieurs servent à recueillir le pollen	noir ou brun foncé	pigmentation très foncée	Piqueur	11à13 mm
Megachile Rotundata	Membraneuse strans lecèdes	les 3 paires de pattes pourraient faire penser de abeille	vele jaune chamois rayé de noir	les males tremblants des femelles des leus au es les parres au cour de laceoupfent		5-20mm

vespula ruginosa	au repos sont plies longitudinalement	Longues	noire et jaune	en masses	broyeur - ledneur	11 à 14 mm (ouvrières) 16 à 19 mm (males)
polistes rufus	les postures plus petites	3 longues paires de pattes	jaune et noire	noues sur le dessus jusqu'à la moitié du 3 <sup>ème</sup> article (femelle)	broyeur - ledneur	16 à 25 mm
vespa crabro	plies longitudinalement au repos	rouges aux extrémités	range de noire et jaune	chez les mâles ils sont formés de 13 articles		18 à 23 mm (ouvrières) 25 à 35 mm (reines)
adelura caerulea	foncées aux reflets métalliques	noires avec des bandes blanches	noir brillant	mâles très longues femelles plus courtes		14 à 18 mm
pyrochroa ruficornis	les yeux sans ocellus pupillaire de blanche	4 pattes visibles	Orange	antennes non annelées de noir et blanche	transforme en trompe	16 à 21 mm
Insecte	les ailes	les pattes	Corps	les antennes	piques buccales	Taille
liobelloidococcus	reines noires ou brunes des bords jaunes	les brantes des pattes écailleuses	Trapu	longues en masse	Piqueur	environ 2 cm
laptotestus	bleu vif chez le mâle - brun chez la femelle	Très minces	aplatis et bosselés	extrêmement minces		mâle: 21 à 29 mm femelle

celastrnaargiolus	le ruers à un font gris blentetrepàle	bac debont sur ses pattes et en pleune forme	trapu	reconnait un hetuoce re		2.6 - 3.4 cm
polymmatuserus	pount noire sur la mange de lmtepostreseur e	sid pattes	trapu vert noir	clavifer me	Broy em	12 à 18 mm
malacosomoum eustua	ailes auteumes sont trverses par une longe	3 paires de pattes gaussees pattes mames de bande cochèers	bleu grisa tre clair	pictinée s	Broy eur	11 à 15 mm (màle)
Orgyiaantepura	le màleà les ailes brunroge à brun orangè	pattes anteneurestypiquental lonyuvers lavant	gris fonc è	pictinée s	Broy eur	35-40 mm
Stauropusfagi	brun plus on moins clair	pattes avant ètendues	brun	un pression ants -	Lèch eur	5.6-6.8 cm
Saturniapyrri	brenes pores de motife en zig zag	trois paire de pattes possidit des petite poimesrouyes	vert jaun ate vif	- pectinée s (màale) - fuces et elances (femelle )	Broy en	120 mm
pyrgusaruroica us	laileposteneuse posside une tache discale blanche		kakè ou marr on	ècartèes sur la tête		24 à30 mm
Aglaisurticoel	lornementation alaires est semblublechche z le màle et chez la femelle		brun foc e et poler	anneleè s		22-26 mm

**4. Conclusion**

La classification des insectes et autres organismes est en changeant continuelle. Car de nouvelles données phylogénétique (se basant sur les principes de l'évolution des espèces) peuvent faire varier la classification et les experts peuvent être en désaccord sur le système de classement de certaines insectes.

# **Chapitre III**

## **Système de classification automatique des insectes**

## 1. Introduction

En entomologie, la classification des insectes consiste à les placer dans différentes catégories taxinomiques correspondant à différents niveaux de précision.

Généralement, les catégories les plus utilisées sont le phylum, la classe, l'ordre, la famille, le genre et l'espèce. Ces catégories sont hiérarchiques, c'est-à-dire qu'elles sont divisées en groupes de plus en plus restreints.

On peut définir la classification automatique des insectes si aucune information n'est disponible concernant l'appartenance de certains insectes donnés à certaines classes connues *a priori*.

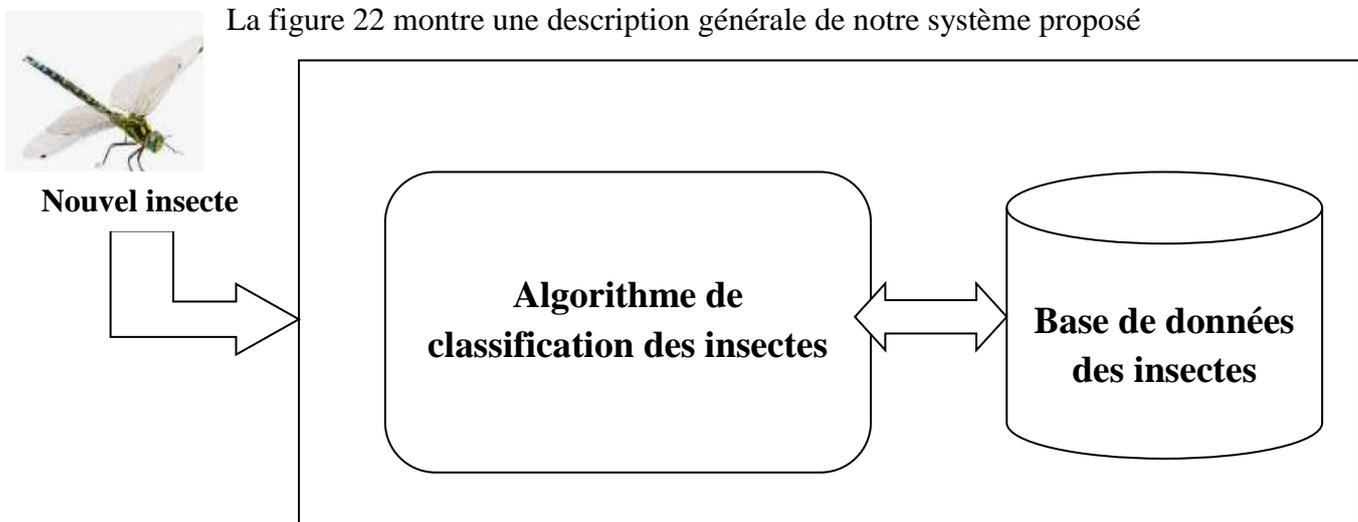
Dans ce cadre on a proposé un système de classification automatique des insectes.

Dans ce chapitre nous allons implémenter notre système qu'on 'a décrit dans les chapitres précédent. Premièrement, nous présentons les différents outils qu'on 'a utilisé pour réaliser notre projet qui est un système de classification automatique des insectes, ensuite nous allons présenter une description détaillée des différents composants du système et leurs fonctionnements et en fin illustrer les différentes interfaces de notre application.

## 2. Présentation générale du système

L'objectif principal de notre projet est de construire une base de données des classes d'insectes classée selon leurs caractéristiques morphologiques. Le système doit connaître l'espèce d'un nouvel insecte selon ses caractéristique morphologiques tels que la taille, les antennes, les ailles, la pièce buccale.....

La figure 22 montre une description générale de notre système proposé



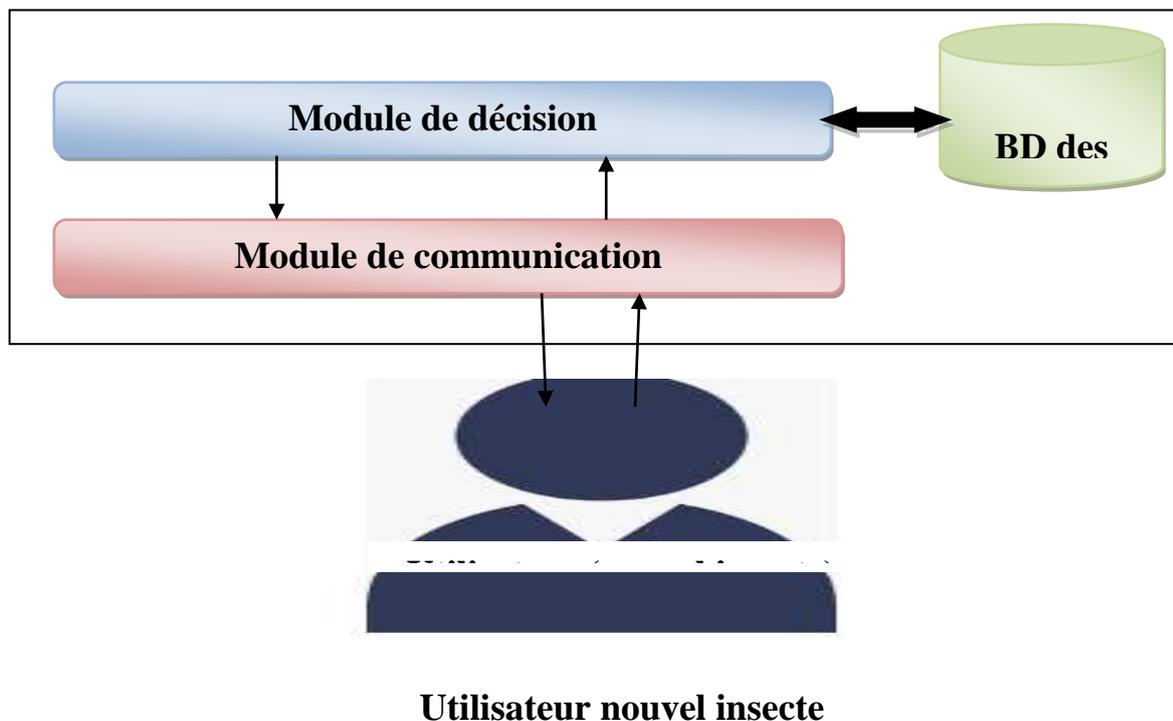
### Figure 22 Description générale du système

**Algorithme de classification des insectes :** un ensemble de modules de raisonnements nécessaires pour une classification du nouvel insecte trouvé selon les caractéristiques morphologiques dans une base de données des espèces.

**Base de données des insectes :** Une base de données est un ensemble structuré d'insectes enregistrées dans un ordinateur et accessibles de façon sélective par plusieurs utilisateurs classés selon leurs caractéristiques morphologiques dans différents espèces.

### 3 Architecture détaillée du système proposé

Notre système fonctionne selon deux modules complémentaires qui sont : le module de Perception, le module de Calcul, le module de Décision et le module de Communication, la figure 23 représente l'architecture interne de notre système.



**Figure 23 : Architecture détaillée de système de classification automatique des insectes**

#### **Module de Décision :**

- Reçoit les caractéristiques morphologiques du nouvel insecte.
- Classer le nouvel insecte dans la classe qui lui convient
- Envoi la classe du nouvel insecte au module de communication

***Module de Communication :***

- Reçoit les caractéristiques morphologiques du nouvel insecte de l'utilisateur.
- Envoi les caractéristiques morphologiques du nouvel insecte au module de décision.
- Reçoit la classe du nouvel insecte du module de décision.
- Envoi la classe du nouvel insecte du module de décision à l'utilisateur.
- ***Base de données des insectes :***
- Notre système dispose une base de données accointance implémentée à son niveau, c'est une structure de donnée qui est mise à jour cycliquement, elle contient tous les insectes et les informations (les caractéristiques morphologiques) qui leur sont associées classé dans des différents espèces.
- Dans la figure **24** nous allons présenter le Schéma de fonctionnement de notre système avec les interactions entre ses modules :

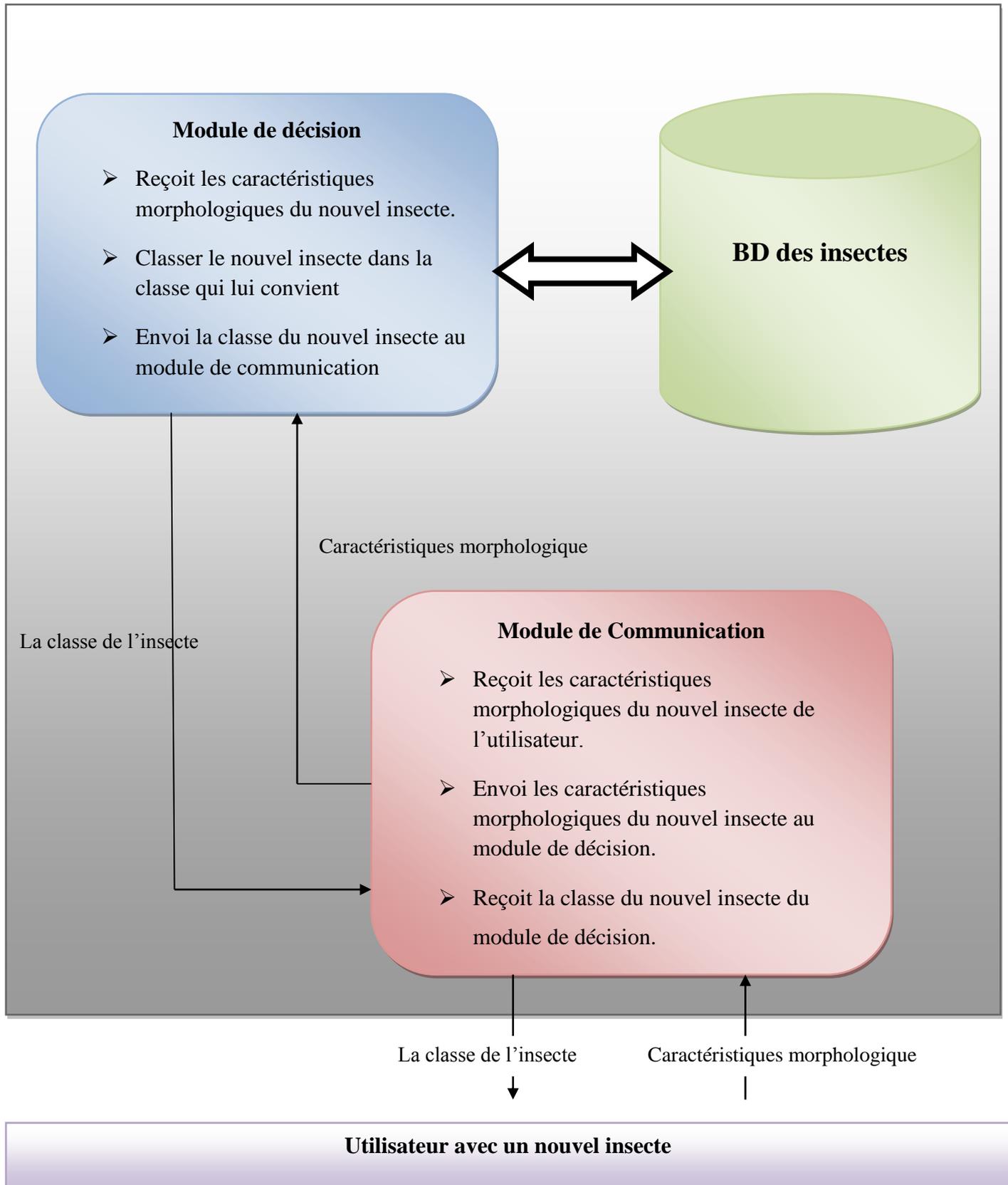


Figure 24 : Schéma de fonctionnement du système de classification automatique des Insectes

## 4. Implémentation du système

### 4.1. Les outils d'implémentation

#### Le langage JAVA

Afin de réaliser l'interface permettant aux utilisateurs de manipuler le prototype, nous avons choisi le langage Java. Ce choix a été motivé par les raisons suivantes :

- Java assure une totale indépendance des applications vis-à-vis de l'environnement d'exécution : c'est à dire que toute machine supportant Java est en mesure d'exécuter un programme sans aucune adaptation.
- Un accès simplifié aux bases de données

#### *Environnement de développement*

En ce qui concerne l'environnement de développement, nous avons choisi NetBeans 7.3.1 qui est un environnement de développement intégré (IDE) pour le développement d'applications orientées objet. La figure suivante présente la page d'accueil de NetBeans :

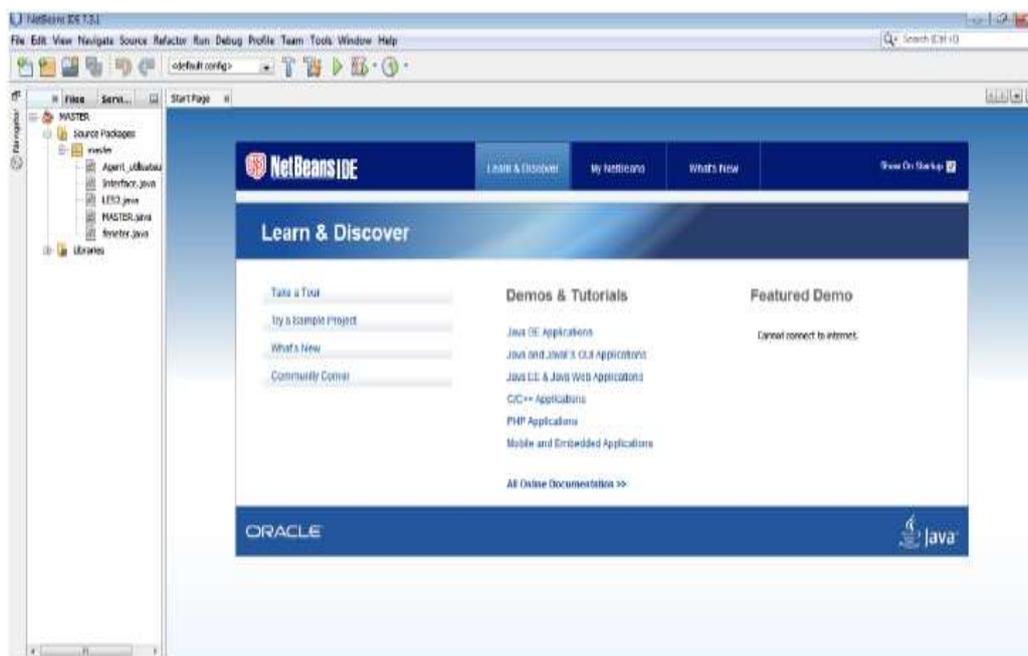
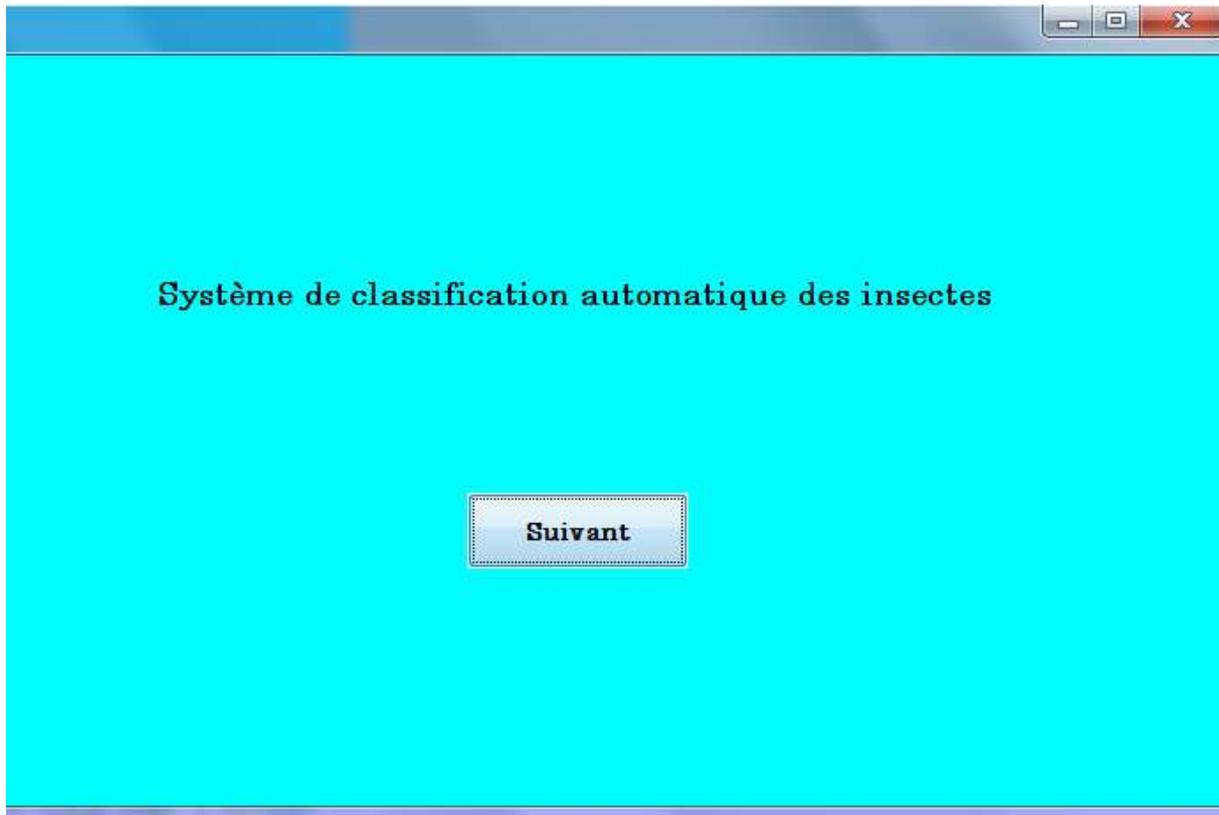


Figure 25 Page d'accueil de NetBeans.

## 4.2. Développement de l'application

La figure 26 illustre l'interface d'accueil de notre système proposé, cette dernière est affichée dès qu'on lance l'exécution du système.



**Figure 26 Interface d'accueil**

La figure 27 démontre les caractéristiques morphologiques que doit posséder chaque nouvel insecte ajouté à notre base de données

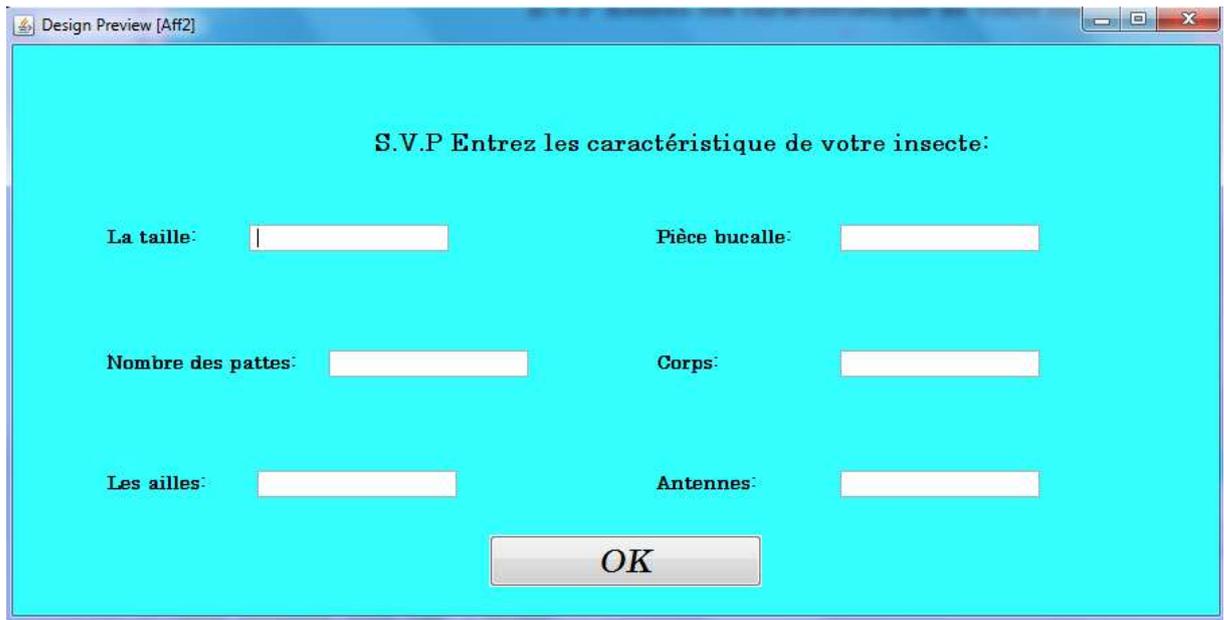


Figure 27 Interface des caractéristiques morphologiques

Les caractéristiques morphologiques font les attributs de notre base de données d'insecte, figure 28 et figure 29

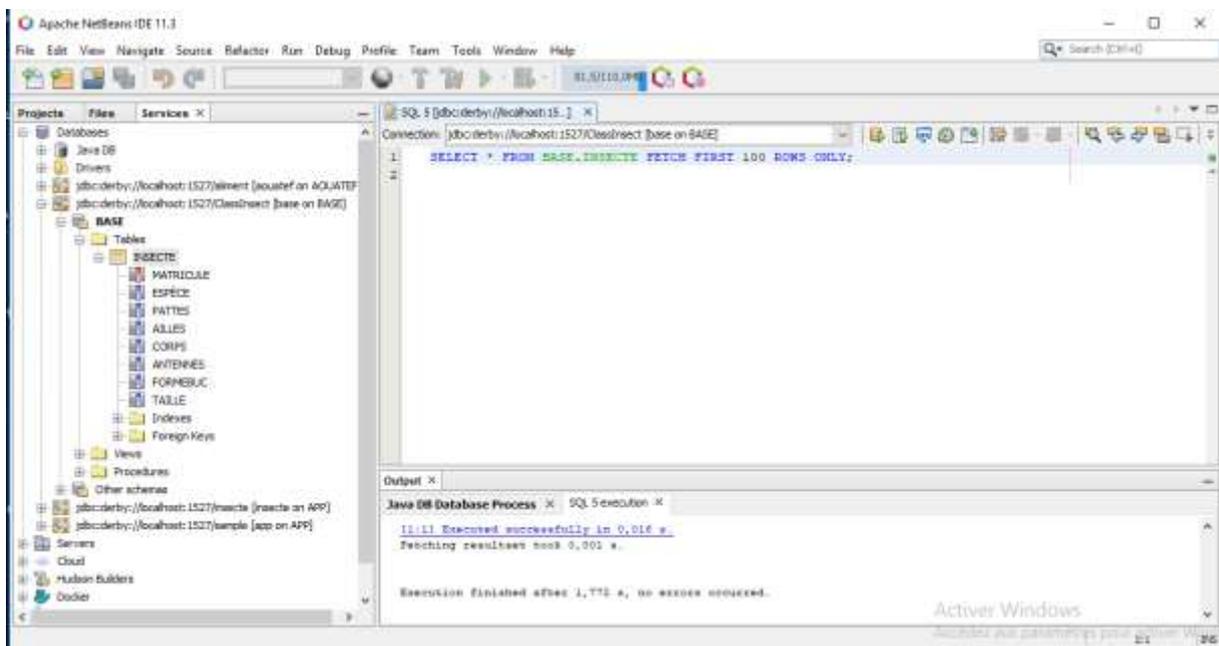


Figure 28 Exécution de la base des insectes

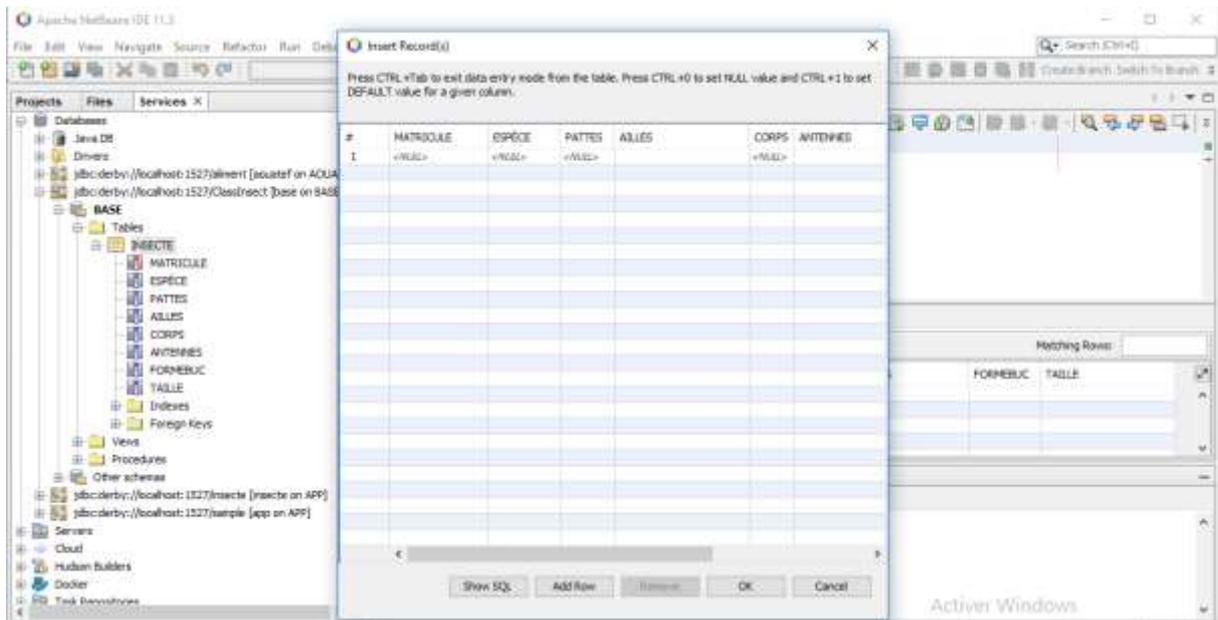


Figure 29 Création de la base des insectes

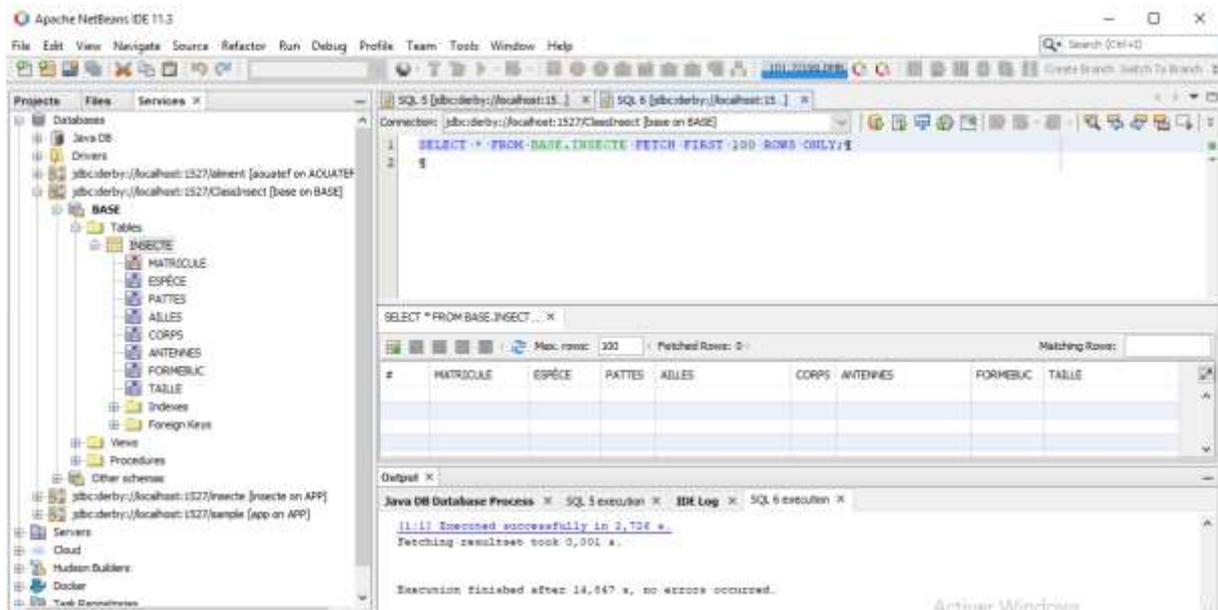


Figure 30 Edition de la base des insectes (L'ajout des insectes)

## **5. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté notre projet à réaliser qui gère la classification automatique des insectes dans différents espèces selon leurs caractéristiques morphologiques, notre système est fonctionner selon les deux module complémentaires un module de communication avec les utilisateurs du système et un module de décision qui est responsable de la classification des insectes , on 'a décrit les architectures de ces derniers avec des schémas de fonctionnement et enfin on a donné les outils qu'on 'à utiliser dans notre application, ensuite on 'a illustrer les fenêtres de notre code et comment fonctionne notre système.

## **Conclusion**

Nous avons essayé d'éclairer à travers ce mémoire la classification des insectes selon les progrès scientifiques qui permettent de proposer un classement fondé sur l'évolution et l'observation visuelle de l'être vivant qui a pour objectif de rendre compte des degrés de parenté entre les espèces et qui permet donc de comprendre leur histoire évolutive.

La classification des insectes selon les recherches des entomologistes est fondée sur de nouvelles connaissances scientifiques en anatomie comparée d'autant que *dans* le monde animal, les *insectes* constituent le groupe le plus riche en *espèces* et le plus varié *dans* ses formes, ses moeurs et ses habitats.

Notre réflexion s'est donc recentrée autour de la question générale : comment classer un insecte ?

Ce mémoire s'appuie essentiellement sur une synthèse bibliographique récente et très variée

cette étude s'est basée sur les clefs principaux de l'identification des différent familles des insectes selon plusieurs critères que nous avons détaillé dans le chapitre 3 qui gère la classification automatique des insectes dans différents espèces selon leurs caractéristiques avec les utilisateurs du système doit connaître l'espèce d'un nouvel insecte selon ses caractéristique morphologiques tels que la taille, les antennes, les ailles, la pièce buccale.....

Enfin, on espère que ce travail sera étendu dans d'autres projets pour développer encore plus la recherche en bioinformatique.

# **Références bibliographiques**

- (1) propos recueillis par daniel bley et daniele magda dans natures sciences societes 2010/2 pages 171a178
- (2) <http://biochimej.univ-angers.fr/Page2/BIOINFORMATIQUE/7ModuleBioInfoJMGE/4IntroDefBioInfo/1IntroDefBioInfo.htm>
- (3) pascal reynier marc ferre @chu.angres.fr
- (4) <https://web.univ-tours.fr/umr-7261-institut-de-recherche-sur-la-biologie-de-linsecte-irbi>
- (5) [https://babel.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/entomo/2\\_ordres.pdf](https://babel.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/entomo/2_ordres.pdf)
- (6) <https://quelestcetanimal-lagalerie.com/hemipteres/>
- (7) dictionnaire des sciences animales France cinad
- (8) <http://www.ecosociosystemes.fr/homopteres.html>
- (9) pinterest
- (10) mymecofourmi.fr
- (11) looduskalender.fr
- (12) lesinsectesduQuebec.com
- (13) <https://www.bestioles.ca/insectes/trichopteres.html>
- (14) <https://www.universalis.fr/>
- (15) méseum national d'histoire naturelle
- (16) GILLEBOURBONNAIS/CEGEP DE SAINTE-FOY
- (17) [http://claudeschott.free.fr/Classification/Class\\_insectes.html](http://claudeschott.free.fr/Classification/Class_insectes.html)

## Résumé

Ce travail a été réalisé dans le but de classer les insectes selon les caractères morphologiques ( la tête, les antennes, les yeux, les pièces buccales, les pattes.....) qui est en changement continu, à l'aide de la bioinformatique le domaine de recherche, qui analyse et interprète des données biologiques au moyen de méthode informatique et l'utilisation de l'informatique en biologie. Ces données biologiques doivent être organisées dans une base de données généralisées ou spécialisées d'un thème précis. Donc on a proposé un système de classification automatique des insectes qui a pour but de connaître l'espèce d'un nouvel insecte selon la morphologie. Premièrement nous avons cité les architectures du système proposé et basé sur des modules complémentaires le premier chercheur de décision qui reçoit les caractères morphologiques de nouvel insecte et le classe dans la classe qui lui convient. Après il l'envoie au module de communication qui reçoit les caractères morphologiques de nouvel insecte de l'utilisateur et le classe au module de décision. A la fin d'étude il faut choisir le langage Java et NetBeans et illustrer les fenêtres de notre code et la méthode de fonctionnement de notre système.

## **Abstract**

**This work was carried out in order to classify insects according to morphological characters (head; antennae; eyes; mouth parts; legs.....)which is in continual change ; using bioinformatics the research field which analyzes and interprets biological data by means of computational method and the use of informatics in biology .**

**These biological data must be organized in generalized or specialized databases of a precise theme .so we proposed a system of automatic classification of insects which aims to know the species of a new insect according to the morphology first we cited the architectures of the proposed system and based on complementary the first decision researcher who receives the morphological characters of new insect and classify it in the classe that suits him . then it sends it to the communication module which receives the morphological characters of new insect from the user and classifies it to the decision module at the end of the study you have to choose the java and NetBens language and illustrate the windows of our code and the operating method of our system.**

## ملخص

تم تنفيذ هذا العمل لتصنيف الحشرات حسب الصفات المورفولوجية ( الرأس ،العيون،اجزاء الفم،الارجل....).والتي تتغير باستمرار.باستخدام المعلوماتية الحيوية في مجال البحث،الذي يحلل ويفسر البيولوجيا والبيانات عن طريق الطريقة الحسابية واستخدام المعلوماتية في علم الاحياء.يجب تنظيم هذه البيانات البيولوجية في قواعد بيانات عامة او متخصصة لموضوع محدد.لذلك قمنا باقتراح نظام تصنيف ألي للحشرات،يهدف الى معرفة نوع حشرة جديدة وذلك حسب الشكل المورفولوجي.في البداية استشهدنا بهياكل النظام المقترح واستنادا الى وحدات تكميلية ،حيث يتسخدم الباحث القرار الاول الذي يتلقى الخصائص المورفولوجية للحشرة الجديدة ويصنفها في الفصل الذي يناسبها.ثم يرسلها الى وحدة الاتصال التي تستقبل الشخصيات المورفولوجية للحشرة الجديدة من المستخدم وتصنفها الى وحدة القرار في نهاية الدراسة علينا اختياراللغة وتوضيح نواذ الكود الخاصة بنا وطريقة تشغيل النظام

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Biologie et Contrôle des Populations d'Insectes (BCPI)**

**Titre**

**Système de classification automatique des insectes**

**Résumé**

Ce travail a été réalisé dans le but de classer les insectes selon les caractères morphologiques ( la tête, les antennes, les yeux, les pièces buccales, les pattes.....) qui est en changement continu, à l'aide de la bioinformatique le domaine de recherche, qui analyse et interprète des données biologiques au moyen de méthode informatique et l'utilisation de l'informatique en biologie. Ces données biologiques doivent être organisées dans une base de données généralisées ou spécialisées d'un thème précis. Donc on a proposé un système de classification automatique des insectes qui a pour but de connaître l'espèce d'un nouvel insecte selon la morphologie. Premièrement nous avons cité les architectures du système proposé et basé sur des modules complémentaires le premier chercheur de décision qui reçoit les caractères morphologiques de nouvel insecte et le classe dans la classe qui lui convient. Après il l'envoie au module de communication qui reçoit les caractères morphologiques de nouvel insecte de l'utilisateur et le classe au module de décision. A la fin d'étude il faut choisir le langage Java et NetBeans et illustrer les fenêtres de notre code et le mode de fonctionnement de notre système.

Mots clés : caractères morphologiques, langage java, NetBeans ; données biologiques ; méthodes informatiques ; classification des insectes ; module de communication ; module de Décision ; Base de données ; automatisation .

**Membre du jury :**

**Présidente du jury : DOCTEUR AGUIB SIHAM**

**Rapporteuse : DOCTEUR CHAIB AOUATEF**

**Examinatrice : DOCTEUR BAKIRI ESMA**

**Présentée par :  
Chergui Yousra  
Benfadel Dounia**

**Année universitaire : 2020-2021**